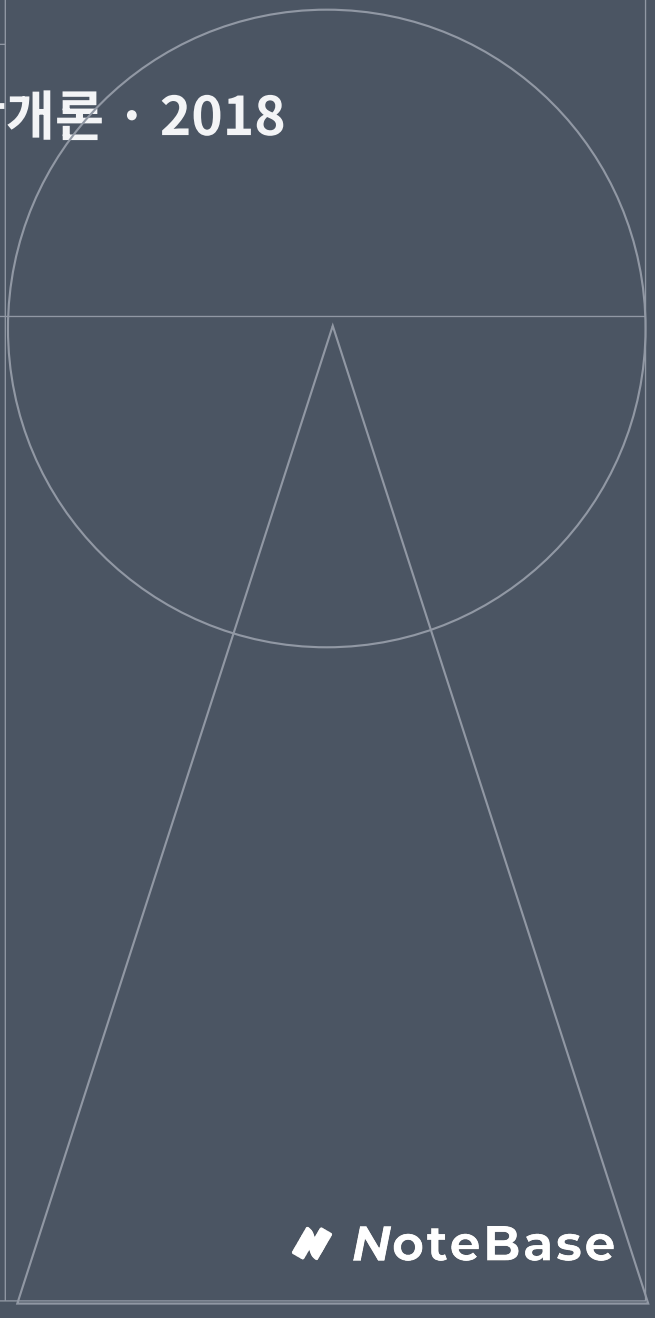
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2018

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2018

문 1. 빛의 특성에 의한 현상으로 나머지 셋과 다른 것은?

① 비눗방울이 여러 색깔로 아름답게 보이는 현상

② 프리즘에 백색광을 입사하면 여러 가지 색이 보이는 현상

③ 볼록 렌즈를 통과한 빛이 한 점에 모이는 현상

④ 물 컵에 담겨있는 빨대가 꺾여 보이는 현상

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 비눗방울의 박막 간섭과 프리즘·볼록렌즈·물속 막대기에서 나타나는 굴절 현상을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

간섭: 두 빛의 파동이 겹쳐 세기가 달라지며 색이나 밝기가 달라져 보이는 현상이다. 결정 차이축은 파동의 중첩 여부이다. 키워드는 박막 간섭, 무지갯빛이다.
굴절: 빛이 서로 다른 매질의 경계를 지날 때 속도가 달라져 진행 방향이 꺾이는 현상이다. 결정 차이축은 매질 경계에서의 경로 변화 여부이다. 키워드는 프리즘, 렌즈, 물속 물체의 위치 왜곡이다.

선지별 해설

① O. 비눗방울이 여러 색으로 보이는 것은 얇은 막의 앞면과 뒷면에서 반사된 빛이 서로 간섭하기 때문이다. 나머지 셋이 굴절 현상인 것과 달라서 정답이 된다.
② X. 프리즘에 백색광을 비추면 파장마다 굴절되는 정도가 달라 여러 색으로 분리되어 보인다. 틀린 부분은 이 선지를 나머지와 다른 현상으로 보는 판단이다. 실제로는 굴절률의 차이로 생기는 굴절 현상이다.
③ X. 볼록렌즈를 통과한 빛이 한 점에 모이는 것은 렌즈의 두 경계면에서 빛이 굴절되기 때문이다. 틀린 부분은 이 선지를 나머지와 다른 현상으로 보는 판단이다. 실제로는 초점 형성이 대표적인 굴절 현상이다.
④ X. 물 겉에 담겨 있는 빨대가 꺾여 보이는 것은 공기와 물의 경계에서 빛이 굴절되기 때문이다. 틀린 부분은 이 선지를 나머지와 다른 현상으로 보는 판단이다. 실제로는 매질 경계에서 방향이 바뀌는 굴절 현상이다.

NoteBase

오답 포인트

여러 색이 보인다는 겉모습만 보고 ①과 ②를 같은 현상으로 묶으면 오답이 된다. ①은 박막에서 반사된 빛의 간섭이고, ②는 파장에 따라 굴절각이 달라지는 분산을 동반한 굴절이다.

다시 나오면 이렇게 판단

색이나 모양이 달라 보일 때 먼저 원인을 본다. 파동이 겹쳐 무늬나 색이 달라지면 간섭이고, 매질 경계나 렌즈를 지나며 진행 방향이 바뀌면 굴절로 판단한다.

암기 포인트

비눗방울은 간섭, 프리즘·렌즈·물속 빨대는 굴절이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 둥근 막대자석을 금속으로 만든 원통 모양의 관 속으로 떨어뜨린다. 이 막대자석의 운동에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 자석과 금속관 내벽 사이의 충돌과 마찰은 무시하고, 금속관의 길이는 충분히 길다고 가정한다)



① 자유낙하를 한다.

② 자유낙하의 경우보다 더 빨리 떨어진다.

③ 자유낙하의 경우보다 더 천천히 떨어진다.

④ 충분히 관이 긴 경우 떨어지다가 관 중간에서 낙하를 멈춘다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 금속관 속을 떨어지는 막대자석에서 자기선속 변화로 생기는 유도전류와 렌츠의 법칙을 이용해, 자석의 운동이 자유낙하보다 느려진다는 점을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 금속관이 도체이므로 자석이 내려가면 관에 유도전류가 생기고, 그 전류가 만든 자기장은 자석의 운동을 방해하는 방향으로 작용한다. 틀린 표현은 '자유낙하를 한다'이다. 올바르게는 유도전류 때문에 자유낙하보다 느리게 떨어진다.
② X: 렌츠의 법칙에 따라 유도전류가 만든 자기력은 항상 운동 변화를 방해하므로 자석을 더 빠르게 떨어뜨리지 않는다. 틀린 표현은 '더 빨리 떨어진다'이다. 올바르게는 자기적 제동을 받아 속도가 줄어든다.
③ O: 자석이 떨어질 때 금속관에는 와전류가 흐르고, 이 와전류가 만든 자기장이 자석의 하강을 방해한다. 따라서 가속도는 중력가속도보다 작아지고 자유낙하의 경우보다 더 천천히 떨어진다.
④ X: 자석이 관 속에서 멈춰 있으려면 정지한 상태에서도 중력을 상쇄할 위쪽 힘이 계속 필요하지만, 유도전류에 의한 제동력은 자석이 움직일 때 생긴다. 틀린 표현은 '관 중간에서 낙하를 멈춘다'이다. 올바르게는 충분히 긴 관에서는 종단속도에 가까운 거의 일정한 속도로 계속 떨어진다.

오답 포인트

마찰을 무시한다고 해서 자유낙하라고 단정하면 오답이 된다. 이 문항의 핵심은 기계적 마찰이 아니라 도체 내부의 유도전류가 만드는 자기적 제동이며, ④처럼 '제동력'을 '정지시키는 힘'으로 잘못 해석하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

도체 근처에서 자석이 움직이면 먼저 자기선속이 변하는지 본다. 자기선속이 변하면 유도전류가 생기고, 그 유도전류는 항상 그 운동 변화를 방해하는 방향으로 작용하므로 자유낙하보다 느려진다고 판단한다.

암기 포인트

움직이는 자석-도체 조합에서는 유도전류가 생기고, 렌츠의 법칙에 따라 운동을 막는 방향으로 작용한다.

NoteBase

문 3. 같은 원소의 동위원소들에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 스핀값이 같다.

② 원자번호는 같으나 원자량이 다르다.

③ 화학적 성질이 같기 때문에 분리할 수 없다.

④ 세 가지 이상의 동위원소가 존재하는 원소는 없다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 동위원소의 정의와 동위원소가 공유하는 성질, 서로 달라지는 성질을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

동위원소는 원자번호는 같지만 중성자 수가 달라 질량수와 원자질량이 다른 같은 원소의 원자이다. 화학적 성질은 거의 같지만 질량 차이에서 오는 물리적 성질은 달라질 수 있다.

선지별 해설

1번: X. 핵 스핀은 양성자와 중성자 수의 조합으로 결정되므로, 중성자 수가 다른 동위원소끼리는 스핀값이 달라질 수 있다. 예를 들어 수소 ^{1}H는 핵 스핀이 1/2이지만 중수소 ^{2}H는 핵 스핀이 1이다. 이처럼 핵자 수가 홀수인지 짝수인지에 따라 반정수(1/2, 3/2 등)와 정수(0, 1 등) 스핀으로 갈릴 수 있어 "스핀값이 같다"는 반드시 옳지 않다. 올바르게는 "동위원소는 원자번호는 같지만 핵의 성질(스핀 등)은 서로 다를 수 있다"이다.
2번: O. 동위원소는 같은 원소이므로 원자번호(양성자 수)는 같고, 중성자 수 차이 때문에 개별 원자의 질량, 즉 선지에서 말하는 원자량(원자질량, 질량수)이 서로 다르다. 선지의 핵심 진술은 동위원소의 정의와 정확히 맞는다.
3번: X. 동위원소는 화학적 성질이 매우 비슷하지만 질량 차이를 이용하면 분리할 수 있다. 틀린 표현은 "분리할 수 없다"이다. 올바르게는 "화학적 성질은 비슷하지만 질량 차이를 이용해 분리할 수 있다"이다.
4번: X. 한 원소가 세 가지 이상의 동위원소를 가질 수 있다. 틀린 표현은 "세 가지 이상의 동위원소가 존재하는 원소는 없다"이다. 올바르게는 "여러 원소는 세 가지 이상 동위원소를 가진다"이다.

오답 포인트

화학적 성질이 같다는 말만 기억하면 3번을 맞는 말처럼 보기 쉽다. 그러나 동위원소는 화학적 성질이 비슷할 뿐이고, 질량 차이 때문에 물리적 분리 가능성과 핵 성질 차이는 그대로 남는다.

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소가 나오면 먼저 원자번호가 같은지, 다음으로 중성자 수와 질량이 다른지, 마지막으로 화학적 성질과 핵 성질 중 무엇을 묻는지 순서대로 구분하면 된다.

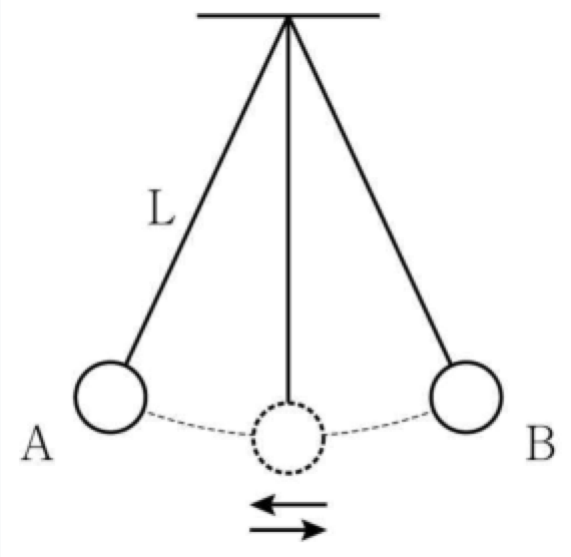
NoteBase

암기 포인트

동위원소는 원자번호는 같고 중성자 수는 다르며, 화학은 비슷하고 질량은 다르다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 줄의 한쪽 끝이 천장에 고정되어 있고 다른 끝에 쇠구슬이 묶여있는 단진자가 진폭의 감쇄 없이 A, B 두 지점 사이를 단진동 운동할 때, 옳지 않은 것은? (단, 공기의 저항은 무시한다)



① 쇠구슬의 속력은 가장 낮은 위치를 지날 때 가장 크다.

② 쇠구슬의 질량이 커지면 주기도 커진다.

③ 중력가속도가 큰 곳에서는 주기가 작아진다.

④ 쇠구슬의 가속도 절댓값은 가장 낮은 위치를 지날 때 가장 작다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 진자의 가장 낮은 위치가 평형점이라는 시각 단서와 단진자의 주기식 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, 복원가속도식 $a = -\omega^2 x$를 연결하여 속력, 주기, 가속도의 성질을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 쇠구슬은 가장 낮은 위치에서 위치에너지가 가장 작고 운동에너지가 가장 크므로 속력이 가장 크다.
② X: 단진자의 주기 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$에는 질량이 들어가지 않으므로 질량이 커져도 주기는 변하지 않는다. 틀린 표현은 "질량이 커지면 주기도 커진다"이고, 올바르게는 "줄의 길이와 중력가속도가 같으면 질량이 달라도 주기는 같다"이다.
③ O: 주기식에서 $T \propto 1/\sqrt{g}$이므로 중력가속도가 클수록 주기는 짧아진다.
④ O: 이 문항에서는 단진자를 작은 진폭의 단진동으로 보므로 가속도는 평형점으로 되돌리려는 복원가속도를 뜻한다. 복원가속도의 크기는 변위가 0인 가장 낮은 위치에서 가장 작고, 양 끝점에서 가장 크다.

NoteBase

오답 포인트

②는 용수철 진동처럼 질량이 주기에 영향을 준다고 착각하면 틀리기 쉽다. ④도 원운동의 구심가속도까지 함께 떠올리면 흔들릴 수 있으나, 이 문항은 단진동의 복원가속도를 묻는 문항이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단진자 문제는 먼저 평형점이 어디인지 확인한 뒤, 평형점에서는 속력이 최대이고 복원가속도는 0이며 주기는 L과 g로만 정해진다는 세 규칙으로 선지를 판별하면 된다.

암기 포인트

단진자는 T가 질량과 무관하고, 평형점에서는 속력 최대·복원가속도 0이다.

NoteBase

문 5. 지면에서 수평면과 각 θ의 방향으로, 속력 v_0로 물체를 발사했다. 이 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 공기의 저항은 무시하며, $0 < \theta < 90\,^\circ$이다)

ㄱ. 지면의 수직방향 속력은 v_0보다 작다.
ㄴ. 물체가 최고점에 도달할 때, 물체의 속도와 가속도는 서로 수직이다.
ㄷ. $\theta = 30\,^\circ$인 경우, $\theta = 60\,^\circ$의 경우와 비교하여 도달하는 수평거리가 더 크다.
ㄹ. $\theta = 30\,^\circ$인 경우, $\theta = 60\,^\circ$의 경우와 비교하여 지면에 도달할 때까지 걸리는 시간이 더 작다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 포물선 운동에서 속도의 성분, 최고점에서의 속도와 가속도의 방향, 사거리와 비행시간의 각도 의존성을 함께 판별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

수직방향 속력은 전체 속력이 아니라 속도의 수직 성분의 크기이며, 발사 순간에는 $v_0 \sin\theta$이므로 $0 < \theta < 90\,^\circ$에서 항상 v_0보다 작다.
최고점에서는 수직 성분 속도 v_y가 0이어서 속도는 수평방향만 남고, 가속도는 중력가속도 때문에 항상 연직 아래방향이다.
같은 높이에서 출발해 같은 높이로 떨어지는 포물선 운동의 사거리는 $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$, 비행시간은 $T = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$로 정해진다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 1번은 ㄱ, ㄴ만 옳다고 보지만 ㄹ도 옳다. ㄱ은 수직방향 속력이 $v_0 \sin\theta$ 또는 그보다 작은 값이므로 참이고, ㄴ은 최고점에서 속도는 수평, 가속도는 연직 아래방향이므로 참이며, ㄹ은 비행시간 T가 $\sin\theta$에 비례하므로 30°일 때가 60°일 때보다 짧아서 참이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이다.
2번 X: 2번은 ㄴ을 빠뜨리고 ㄷ을 포함한 점이 틀리다. ㄴ은 최고점에서 속도와 가속도가 서로 수직이므로 참이고, ㄷ은 사거리 R가 $\sin 2\theta$에 비례하므로 30°와 60°에서 사거리가 같아 거짓이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이다.
3번 X: 3번은 ㄷ을 옳다고 포함한 점이 틀리다. $\sin 60^\circ = \sin 120^\circ$이므로 $\theta = 30^\circ$와 $\theta = 60^\circ$의 사거리는 더 크고 작음의 관계가 아니라 서로 같다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이다.
4번 O: ㄱ, ㄴ, ㄹ만 고른 조합이다. ㄱ은 수직 성분이 전체 속력보다 작다는 뜻에서 참이고, ㄴ은 최고점에서 속도와 가속도가 수직이어서 참이며, ㄹ은 비행시간이 $\sin\theta$에 비례하므로 30°일 때 더 짧아 참이다.

오답 포인트

ㄱ의 수직방향 속력을 전체 속력과 혼동하면 틀리기 쉽고, ㄷ에서는 사거리가 $\sin 2\theta$에 비례한다는 점을 놓치면 30°와 60°의 관계를 반대로 판단하기 쉽다. 또한 사거리와 비행시간이 같은 함수에 비례한다고 착각하면 ㄷ과 ㄹ을 함께 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

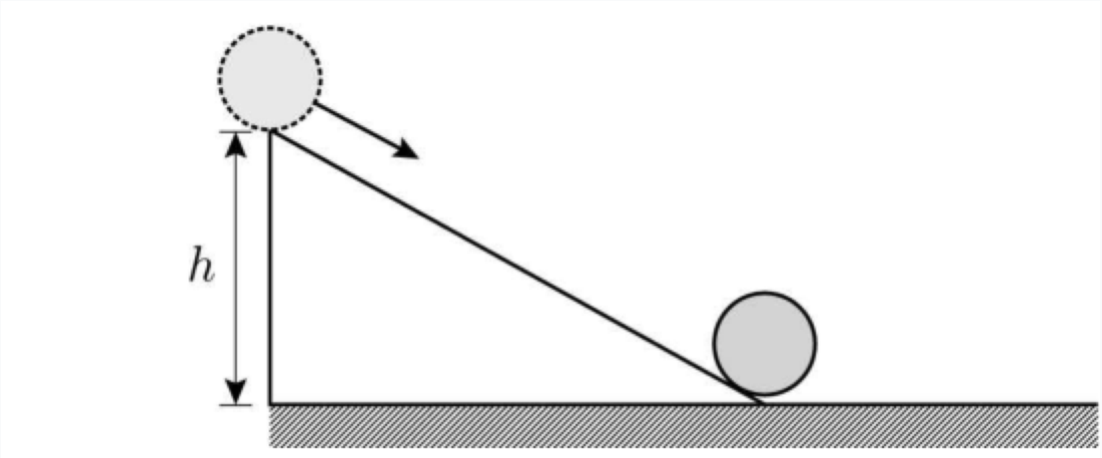
포물선 운동 문항은 먼저 속도를 수평 성분과 수직 성분으로 나눈다. 다음으로 최고점에서는 $v_y = 0$이라서 속도는 수평, 가속도는 아래방향임을 확인한다. 마지막으로 같은 높이 출발·도착이면 사거리는 $\sin 2\theta$, 비행시간은 $\sin\theta$로 비교하면 된다.

암기 포인트

포물선 운동에서 사거리는 $\sin 2\theta$, 비행시간은 $\sin\theta$, 최고점에서는 속도는 수평이고 가속도는 연직 아래방향이다.

NoteBase

문 6. 질량 M, 반경 R인 균일하게 속이 꽉 찬 원판이 그림과 같이 높이 h의 경사면 위에서 미끄러지지 않고 굴러서 내려가고 있다. 경사면 바닥에서 원판 무게중심의 속력은? (단, g는 중력가속도이며 공기저항은 무시한다)



① $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$
② $\sqrt{\frac{2gh}{3}}$
③ $\sqrt{2gh}$
④ $\sqrt{gh}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 미끄러지지 않고 구르는 균일한 원판의 역학적 에너지 보존을 이용해 바닥에서의 무게중심 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 M, 반지름 R, 높이 h, 중력가속도 g이다.
구해야 할 값: 경사면 바닥에서 원판 무게중심의 속력 v이다.
주의할 조건: 원판은 균일하고 미끄러지지 않으므로 $I=\frac{1}{2}MR^2$, $v=R\omega$를 함께 써야 한다.

사용할 공식

$Mgh=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}I\omega^2$
$I=\frac{1}{2}MR^2, \quad v=R\omega$
이 공식을 쓰는 이유는 높이 h에서 내려오며 줄어든 위치에너지가 병진 운동에너지와 회전 운동에너지로 나뉘기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

에너지 보존식을 세우면
$Mgh = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\omega^2$
미끄럼이 없으므로 $\omega = \frac{v}{R}$를 대입하면
$Mgh = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{4}Mv^2 = \frac{3}{4}Mv^2$
따라서
$v^2 = \frac{4gh}{3}, \quad v = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $v = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$이므로 옳다.
2번 X: $\sqrt{\frac{2gh}{3}}$는 위 에너지 보존식에서 나오지 않는 값이다. 틀린 표현은 속력을 $\sqrt{\frac{2gh}{3}}$로 둔 부분이고, 올바르게는 속력이 $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$이다.
3번 X: $\sqrt{2gh}$는 위치에너지가 전부 병진 운동에너지로만 바뀐 경우의 값이므로 회전 운동에너지를 무시한 결과이다. 틀린 표현은 회전을 반영하지 않은 속력값이고, 올바르게는 속력이 $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$이다.
4번 X: $\sqrt{gh}$는 관성모멘트를 $I = MR^2$처럼 취급한 고리의 결과에 해당하며 균일한 원판의 값이 아니다. 틀린 표현은 원판의 속력을 $\sqrt{gh}$로 둔 부분이고, 올바르게는 속력이 $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$이다.

오답 포인트

균일한 원판과 고리의 관성모멘트를 혼동하거나, 구름운동에서 회전 운동에너지를 빼먹으면 오답이 된다. 특히 3번은 미끄러지는 물체 공식 $v = \sqrt{2gh}$를 그대로 가져온 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

구름운동 계산형은 먼저 물체의 관성모멘트를 확인하고, 다음에 $v = R\omega$를 대입한 뒤, 마지막으로 위치에너지가 병진과 회전 에너지로 어떻게 나뉘는지를 합산해 판단한다.

암기 포인트

균일한 원판은 $I = \frac{1}{2}MR^2$, 따라서 구름운동 에너지 합은 $\frac{3}{4}Mv^2$가 된다.

NoteBase

문 7. 소방차가 멈춰있는 철수의 옆을 지나갔다. 이때 철수는 소방차가 다가올 때 사이렌 소리의 주파수를 3,250 Hz로, 멀어질 때 주파수를 2,750 Hz로 측정하였다. 소방차의 속력에 가장 가까운 값은? (단, 음파 속력은 340 m/s이다)

① 70 km/h

② 80 km/h

③ 90 km/h

④ 100 km/h

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정지한 관측자와 움직이는 음원 사이의 도플러 효과 공식을 이용해 소방차의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 접근 시 관측 주파수는 $3250Hz$, 멀어질 때 관측 주파수는 $2750Hz$, 음속은 $340m/s$이다.
구해야 할 값: 소방차의 속력 v_s이다.
주의할 조건: 철수는 정지해 있고 소방차만 움직이므로 움직이는 음원에 대한 도플러 효과 공식을 사용해야 한다.

사용할 공식

f_접근=f(v)/(v-v_s), f_이탈=f(v)/(v+v_s)
이 공식을 쓰는 이유: 관측자는 정지해 있고 음원만 움직이면 접근할 때는 파장이 압축되고 멀어질 때는 파장이 늘어나므로 분모가 각각 $v - v_s$, $v + v_s$가 된다.

계산 과정

1. 두 식을 나누면 원래 사이렌 주파수 f가 소거된다.
$\frac{3250}{2750} = \frac{v + v_s}{v - v_s} = \frac{13}{11}$
2. $v = 340m/s$를 대입해 정리하면
$13(340 - v_s) = 11(340 + v_s)$
$4420 - 13v_s = 3740 + 11v_s$
$680 = 24v_s \Rightarrow v_s = \frac{680}{24} \approx 28.3m/s$
3. 이를 시속으로 바꾸면
$28.3 \times 3.6 \approx 102km/h$
따라서 보기 중 가장 가까운 값은 $100km/h$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 약 $102 km/h$이므로 $70 km/h$는 너무 작다. 틀린 표현은 "소방차의 속력이 70 km/h이다"이고, 올바르게는 "소방차의 속력은 약 102 km/h이므로 보기 중 100 km/h가 가장 가깝다"이다.
② X: 계산 결과와 약 $22 km/h$ 차이가 나므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 "소방차의 속력이 80 km/h이다"이고, 올바르게는 "소방차의 속력은 약 102 km/h이다"이다.
③ X: $90 km/h$는 정답보다 가깝지만 계산값과는 여전히 차이가 있다. 틀린 표현은 "소방차의 속력이 90 km/h이다"이고, 올바르게는 "소방차의 속력은 약 102 km/h이므로 가장 가까운 보기는 100 km/h이다"이다.
④ O: 도플러 효과 식을 이용하면 소방차의 속력은 약 $102 km/h$로 계산된다. 따라서 가장 가까운 값인 $100 km/h$가 옳다.

오답 포인트

접근식과 이탈식을 각각 따로 풀다가 원래 사이렌 주파수 f를 함께 고려하지 않으면 값이 흔들리기 쉽다. 이 문제의 함정은 관측자가 정지했다는 조건을 놓치고 움직이는 관측자 공식과 섞거나, m/s를 km/h로 바꾸는 마지막 변환을 빠뜨리는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

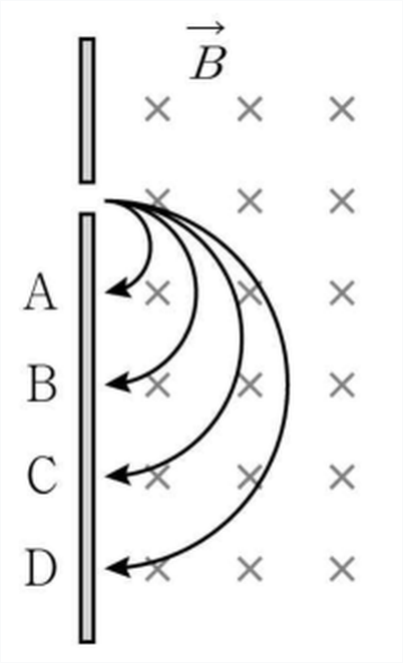
도플러 효과 계산형은 먼저 누가 움직이는지 확인하고, 접근식과 이탈식을 동시에 세워 공통 변수부터 소거한 뒤, 마지막에 단위를 검산하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

정지한 관측자와 움직이는 음원에서는 접근 시 $v - v_s$, 이탈 시 $v + v_s$가 분모에 들어간다.

NoteBase

문 8. 균일한 자기장이 있는 공간으로 자기장에 수직으로 입사된 네 개의 대전 입자 A, B, C, D가 있다. 이 입자들이 모두 같은 전하량을 가지고 있다면 입사할 때 속력도 모두 같다. 이 네 개의 입자들이 원운동을 하며 벽면에 충돌한 위치가 다음 그림과 같을 때, 이 중에서 가장 질량이 큰 입자는?



① A

② B

③ C

④ D

정답 4번

출제 포인트

같은 전하량과 같은 속력으로 균일한 자기장에 수직 입사하면 원운동 반지름은 $r = \frac{mv}{|q|B}$가 되어 질량에 비례하므로, 그림에서 반지름이 가장 큰 궤도를 찾는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① A: X

A에 도달한 궤적이 네 궤도 중 가장 안쪽이므로 반지름이 가장 작다. v, $|q|$, B가 모두 같으면 반지름이 작을수록 질량도 작다. 틀린 표현은 'A가 가장 질량이 크다'이고, 올바르게는 'A는 가장 질량이 작은 쪽이다'이다.

② B: X

B에 도달한 궤적의 반지름은 A보다 크지만 C, D보다 작다. 따라서 B가 가장 큰 질량일 수 없다. 틀린 표현은 'B가 가장 질량이 크다'이고, 올바르게는 'B의 질량은 중간보다 작은 편이다'이다.

③ C: X

C에 도달한 궤적은 비교적 바깥쪽이지만 D의 궤적이 더 크게 휘어 더 큰 반지름을 가진다. 따라서 C도 최대 질량 입자는 아니다. 틀린 표현은 'C가 가장 질량이 크다'이고, 올바르게는 'C보다 D의 질량이 더 크다'이다.

④ D: O

D에 도달한 궤적이 가장 바깥쪽이어서 반지름이 가장 크다. 같은 자기장 안에서 $r \propto m$ 이므로 반지름이 가장 큰 D의 질량이 가장 크다.

오답 포인트

자기장 속 원운동에서는 휘어지는 정도가 큰 입자가 더 무겁다고 착각하기 쉽다. 그러나 이 그림에서는 '많이 휘었다'보다 '반지름이 큰가'를 봐야 하며, 가장 바깥쪽 궤적이 가장 큰 질량에 대응한다.

다시 나오면 이렇게 판단

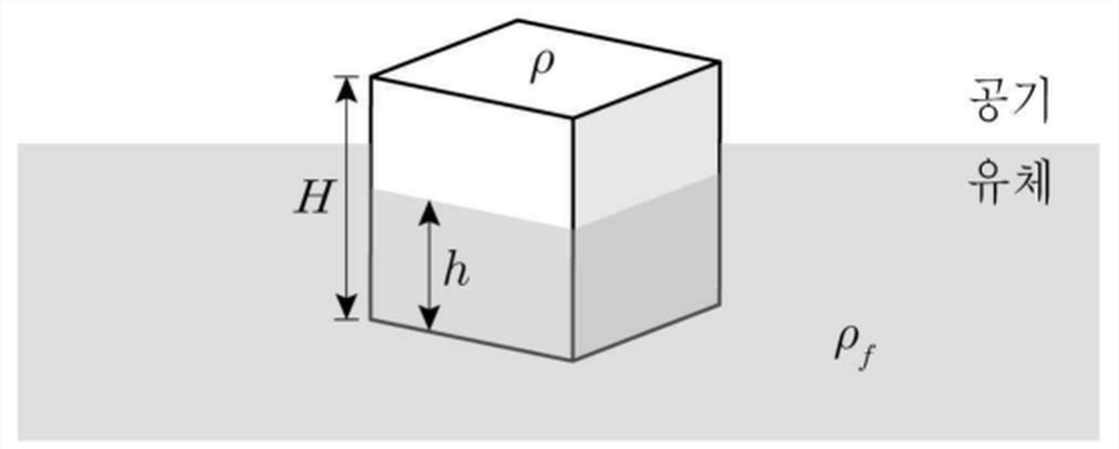
자기장 속 하전입자 문제에서 v, $|q|$, B가 같다고 주어지면 먼저 $r = \frac{mv}{|q|B}$를 떠올린다. 그다음 그림에서 원운동 반지름이 가장 큰 궤적을 찾으면 질량이 가장 큰 입자를 바로 고를 수 있다.

암기 포인트

자기장 원운동에서 q, v, B가 같으면 $r \propto m$이므로 가장 바깥 궤적이 가장 무거운 입자이다.

NoteBase

문 9. 다음 그림과 같이 밀도 $\rho = 900\text{kg/m}^3$인 직육면체 나무토막이 밀도 $\rho_f = 1,100\text{kg/m}^3$인 유체에 떠 있다. 나무토막의 높이 $H = 6\text{cm}$라면 나무토막이 유체에 잠긴 깊이 h에 가장 가까운 값은? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다)



① 3 cm

② 4 cm

③ 5 cm

④ 6 cm

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 뜨는 물체의 평형조건을 이용해 잠긴 깊이 h를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 나무토막의 밀도는 $\rho = 900kg/m^3$, 유체의 밀도는 $\rho_f = 1100kg/m^3$, 나무토막의 높이는 $H = 6cm$이다.
구해야 할 값: 유체에 잠긴 깊이 h이다.
주의할 조건: 떠 있을 때에는 중력과 부력이 같으므로 잠긴 부피의 비가 밀도의 비와 같아진다.

사용할 공식

평형조건은 $\rho Vg = \rho_f V_{sub} g$이다.
직육면체이므로 부피비는 높이비와 같아서 $\frac{V_{sub}}{V} = \frac{h}{H}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 나무토막이 정지한 채 떠 있으므로 무게와 부력이 정확히 평형을 이루기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 평형조건에서 $\rho V g = \rho_f V_{\text{sub}} g$이므로 $\frac{V_{\text{sub}}}{V} = \frac{\rho}{\rho_f} = \frac{900}{1100} = \frac{9}{11}$이다.
2. 직육면체이므로 $\frac{h}{H} = \frac{9}{11}$이다.
3. 따라서 $h = H \cdot \frac{9}{11} = 6 \cdot \frac{9}{11} = \frac{54}{11} cm \approx 4.9 cm$이다.
4. 가장 가까운 값은 $5 cm$이므로 3번이 정답이다.

선지별 해설

① X: $3 cm$는 전체 높이의 절반만 잠긴다고 본 값이다. 실제로는 $\frac{h}{H} = \frac{900}{1100} = \frac{9}{11}$이므로 $h \approx 4.9 cm$이다. 틀린 표현은 "잠긴 깊이가 3cm이다"이고, 올바르게는 "잠긴 깊이는 약 $4.9 cm$이다"이다.
② X: $4 cm$는 밀도 차이만 대충 비교해 과소평가한 값이다. 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 "잠긴 깊이가 4cm이다"이고, 올바르게는 "잠긴 깊이는 약 $4.9 cm$이다"이다.
③ O: 계산 결과 $h = \frac{54}{11} cm \approx 4.9 cm$이므로 가장 가까운 값인 $5 cm$가 맞다.
④ X: $6 cm$는 나무토막 전체가 모두 잠겼다는 뜻인데, 그 경우는 떠 있는 상태가 아니라 완전히 잠긴 상태이다. 나무의 밀도가 유체보다 작으므로 전체가 잠길 수 없다. 틀린 표현은 "잠긴 깊이가 6cm이다"이고, 올바르게는 "전체 높이보다 작은 약 $4.9 cm$만 잠긴다"이다.

오답 포인트

밀도 차 $1100 - 900$만 보고 잠긴 높이를 추정하거나, h/H를 밀도의 비가 아니라 차이로 처리하면 오답이 된다. 특히 ④처럼 전체가 잠긴다고 보면 '떠 있다'는 조건을 놓친 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

떠 있는 물체 문제는 먼저 무게와 부력을 같게 놓고, 그다음 잠긴 부피의 비를 밀도의 비 ρ/ρ_f로 바꾼 뒤 직육면체이면 높이비 h/H로 연결해서 판단한다.

암기 포인트

떠 있는 물체는 잠긴 비율이 곧 밀도비 ρ/ρ_f이다.

NoteBase

문 10. 태양 주변을 도는 지구의 질량이 속력의 변화 없이 갑자기 2배로 증가하였을 때, 지구의 공전 운동에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 태양은 고정되어 있으며, 지구는 원궤도를 돈다고 가정한다)

① 지구 공전 궤도반지름이 $\frac{1}{2}$로 줄어들게 되지만 공전 주기는 변함없다.

② 지구 공전 궤도반지름은 변화가 없지만 공전 주기는 2배로 늘어나게 된다.

③ 지구 공전 궤도반지름은 $\frac{1}{2}$로 줄어들게 되고, 공전 주기는 2배로 늘어나게 된다.

④ 지구 공전 궤도반지름과 공전 주기 모두 변화가 없다.

정답 4번

출제 포인트

원궤도 운동에서 중력과 구심력의 관계를 쓰면 공전 반지름과 주기가 지구 질량과 무관하다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 태양은 고정되어 있고 지구는 원궤도를 돈다. 지구의 질량만 갑자기 2배가 되고 속력은 변하지 않는다.
구해야 할 값: 공전 궤도반지름과 공전 주기의 변화이다.
주의할 조건: 태양이 주는 중력과 원운동의 구심력을 같게 놓으면 지구 질량 m은 양변에서 약분된다.

사용할 공식

사용 공식은 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 태양 주위 원운동에서 중력이 곧 구심력이기 때문이다. 식을 정리하면 $r = \frac{GM}{v^2}$ 이므로 태양 질량 M과 속력 v가 그대로이면 공전 반지름 r도 그대로이다. 또한 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 이므로 r과 v가 모두 변하지 않으면 공전 주기 T도 변하지 않는다.

계산 과정

1. 공전 조건에서 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 를 쓴다.
2. 양변의 지구 질량 m을 약분하면 $r = \frac{GM}{v^2}$ 가 된다.
3. 문제에서 태양 질량 M과 지구 속력 v는 그대로이므로 공전 반지름 r은 변하지 않는다.
4. 공전 주기는 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 이므로 r과 v가 그대로인 이상 T도 변하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 공전 궤도반지름이 $\frac{1}{2}$로 줄어든다는 판단이 틀렸다. 중력과 구심력 식에서는 지구 질량이 약분되므로 질량이 2배가 되어도 반지름은 줄지 않는다. 틀린 표현은 '공전 궤도반지름이 $\frac{1}{2}$로 줄어든다'이고, 올바르게는 '공전 궤도반지름은 변하지 않고 공전 주기도 변하지 않는다'이다.
② X: 공전 궤도반지름이 변하지 않는다는 앞부분은 맞지만 공전 주기가 2배로 늘어난다는 결론이 틀렸다. $T = \frac{2\pi r}{v}$ 에서 반지름과 속력이 그대로이므로 주기도 그대로이다. 틀린 표현은 '공전 주기는 2배로 늘어난다'이고, 올바르게는 '공전 주기는 변화가 없다'이다.
③ X: 반지름이 $\frac{1}{2}$로 줄고 주기가 2배로 늘어난다는 두 판단이 모두 틀렸다. 질량 변화만으로는 공전 반지름도, 공전 주기도 바뀌지 않는다. 틀린 표현은 '공전 궤도반지름은 $\frac{1}{2}$로 줄어들게 되고, 공전 주기는 2배로 늘어난다'이고, 올바르게는 '공전 궤도반지름과 공전 주기 모두 변화가 없다'이다.
④ O: 원궤도 조건식에서 지구 질량은 약분되고, 속력도 변하지 않으므로 공전 반지름은 그대로이다. 따라서 공전 주기 역시 그대로이므로 옳은 설명이다.

오답 포인트

지구 질량이 커지면 중력이 무조건 더 커져 궤도가 안쪽으로 줄어든다고 직감하기 쉽다. 그러나 태양이 지구를 끌어당기는 힘과 지구가 같은 속력으로 원운동하는 데 필요한 구심력 모두에 지구 질량이 같은 비율로 들어가므로 최종 궤도식에서는 약분된다.

다시 나오면 이렇게 판단

중력에 의한 원궤도 문제에서 어떤 물체의 질량만 바뀌면 먼저 중력과 구심력 식을 세워 그 질량이 약분되는지 확인한다. 약분되면 반지름과 주기는 중심천체의 질량과 공전 속력으로만 결정된다고 판단할 수 있다.

암기 포인트

원궤도에서 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 이므로 공전 물체의 질량 m은 사라지고, 궤도반지름과 주기는 질량 변화만으로는 바뀌지 않는다.

NoteBase

문 11. 지표면으로부터 높이 H인 지점에서 질량이 m인 물체가 자유 낙하하였다. 지표면에서 $\frac{3}{4}H$인 높이에서의 물체의 속력은? (단, 공기저항은 무시하고, 중력 가속도는 g이다)

① $\frac{gH}{2}$
② $\sqrt{\frac{gH}{2}}$
③ $\sqrt{\frac{3gH}{4}}$
④ $\sqrt{\frac{3gH}{2}}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자유낙하에서 실제로 떨어진 거리만 계산해 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 시작 높이 H, 현재 높이 $3H/4$, 초기속력 0, 중력가속도 g이다. 구해야 할 값은 그 지점의 속력이다. 주의할 조건은 현재 높이 $3H/4$ 자체가 아니라 출발점부터 지금까지의 낙하 거리 $H - 3H/4 = H/4$를 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

자유낙하에서 초기속력이 0이면 $v^2 = 2gs$이다. 이 공식을 쓰는 이유는 공기저항을 무시한 등가속도 운동이므로 속력이 출발 후 실제로 이동한 거리 s에 의해 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 물체가 떨어진 거리는 $H - 3H/4 = H/4$이다. 2. 따라서 $v^2 = 2g \cdot (H/4) = gH/2$이다. 3. 양변에 제곱근을 취하면 $v = \sqrt{gH/2}$이다.

선지별 해설

① X: $gH/2$는 v^2의 값이지 속력 v의 값이 아니다. 올바르게는 $v = \sqrt{gH/2}$이다. ② O: 낙하 거리를 $H/4$로 두면 $v^2 = 2g(H/4) = gH/2$이므로 $v = \sqrt{gH/2}$가 된다. ③ X: $\sqrt{3gH/4}$는 낙하 거리를 잘못 잡아 계산한 값이다. 올바르게는 현재 높이까지의 낙하 거리가 $H/4$이므로 $v = \sqrt{gH/2}$이다. ④ X: $\sqrt{3gH/2}$는 물체가 $3H/4$만큼 떨어졌다고 착각한 값이다. 올바르게는 물체는 아직 지면 위 $3H/4$에 있으므로 실제 낙하 거리는 $H/4$이고 속력은 $\sqrt{gH/2}$이다.

오답 포인트

높이 $3H/4$를 보고 남은 높이와 떨어진 거리를 혼동하면 오답이 된다. 또 v^2 값을 구해 놓고 제곱근을 취하지 않으면 ① 같은 오답에 걸리게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

자유낙하 속력 문제는 먼저 현재 위치까지 실제로 이동한 거리를 구한 뒤 $v^2 = 2gs$를 적용해 v와 v^2를 구분해 판단한다.

암기 포인트

자유낙하 속력은 현재 높이가 아니라 떨어진 거리로 구하며, 초기속력 0이면 $v^2 = 2gs$이다.

문 12. 수소원자의 전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 이동할 때 방출되는 입자는?

① 광자
② 전자
③ 양성자
④ 중성자

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 수소원자 전자의 에너지 준위 전이에서 실제로 방출되는 것이 무엇인지 묻는 문제이다.

핵심 개념

광자는 전자기파의 에너지가 양자화된 입자이다. 전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 준위로 내려오면 두 준위의 에너지 차이만큼 광자가 방출된다. 전자, 양성자, 중성자는 원자를 이루는 물질입자이지만 이 전이 자체의 방출 결과물은 아니다.

선지별 해설

① O
높은 준위의 전자가 낮은 준위로 전이하면 에너지 차이가 전자기파 형태로 나가며, 그 에너지 양자가 광자이다.

② X
틀린 부분은 "전자"이다. 실제로는 전자는 원자 안에서 준위를 바꾸는 입자이고, 그 과정에서 바깥으로 방출되는 것은 전자가 아니라 에너지 차이에 해당하는 광자이다.

③ X
틀린 부분은 "양성자"이다. 양성자는 수소원자핵을 이루는 입자이며, 전자의 준위 전이 때문에 방출되지 않는다. 이 경우 방출되는 것은 광자이다.

④ X
틀린 부분은 "중성자"이다. 보통 수소원자핵은 양성자 1개로 이루어져 중성자가 없고, 전자 전이와도 무관하다. 방출되는 것은 광자이다.

오답 포인트

원자 안에서 움직이는 주체가 전자이므로 방출되는 것도 전자라고 착각하기 쉽다. 그러나 전자는 준위를 바꾸는 입자이고, 밖으로 나오는 것은 준위 차이에 해당하는 에너지인 광자이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

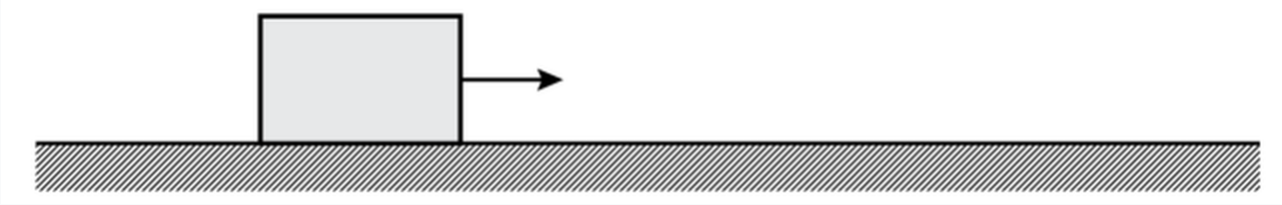
발문에 '높은 준위에서 낮은 준위로 이동'이 보이면 에너지를 내보내는 상황으로 판단한다. 이때 방출되는 것은 물질입자가 아니라 에너지 양자인 광자이다. 반대로 낮은 준위에서 높은 준위로 올라가려면 광자를 흡수해야 한다.

암기 포인트

전자 준위가 내려가면 광자 방출, 올라가면 광자 흡수이다.

NoteBase

문 13. 마찰계수가 0.5인 경사가 없는 바닥에서 질량이 m인 물체를 정지 상태에서 수평 방향으로 끌기 위해 필요한 최소한의 힘이 15N이었다면 물체의 질량은? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다)



① 1 kg

② 2 kg

③ 3 kg

④ 4 kg

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최대 정지 마찰력과 막 움직이기 시작하는 최소 힘이 같다는 관계를 이용해 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 마찰계수는 0.5, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$, 물체를 수평으로 끌기 위한 최소 힘은 $15N$이다.
구해야 할 값: 질량 m이다.
주의할 조건: 경사면이 없는 수평면이므로 수직항력은 $N = mg$이고, 막 움직이기 직전에는 당기는 힘이 최대 정지 마찰력과 같다.

사용할 공식

최대 정지 마찰력은 $f_s^{\max} = \mu N$이다. 수평면에서는 $N = mg$이므로 최소 힘 F는
$F = \mu mg$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 묻는 '정지 상태에서 끌기 위해 필요한 최소한의 힘'은 최대 정지 마찰력을 겨우 이기는 조건이기 때문이다.

계산 과정

1. 수평면이므로 수직항력은 $N = mg = 10m$이다.
2. 최소 힘은 최대 정지 마찰력과 같으므로 $15 = \mu N = 0.5 \times 10m$이다.
3. 따라서 $15 = 5m$이고, $m = 3kg$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $1kg$이면 필요한 최소 힘은 $0.5 \times 1 \times 10 = 5N$이다. 문제의 $15N$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 '질량이 1 kg'이며, 올바르게는 '질량이 3 kg'이다.
② X: $2kg$이면 필요한 최소 힘은 $0.5 \times 2 \times 10 = 10N$이다. $15N$보다 작다. 틀린 표현은 '질량이 2 kg'이며, 올바르게는 '질량이 3 kg'이다.
③ O: $3kg$이면 필요한 최소 힘은 $0.5 \times 3 \times 10 = 15N$이므로 조건과 정확히 일치한다.
④ X: $4kg$이면 필요한 최소 힘은 $0.5 \times 4 \times 10 = 20N$이다. $15N$보다 크다. 틀린 표현은 '질량이 4 kg'이며, 올바르게는 '질량이 3 kg'이다.

오답 포인트

이 문항은 운동 마찰력 공식을 따로 찾거나, 수평면인데도 수직항력을 다른 값으로 생각하는 실수를 노린다. 핵심은 가속도를 구하는 문제가 아니라 '막 움직이는 순간'의 최대 정지 마찰력을 쓰는 문제라는 점이다.

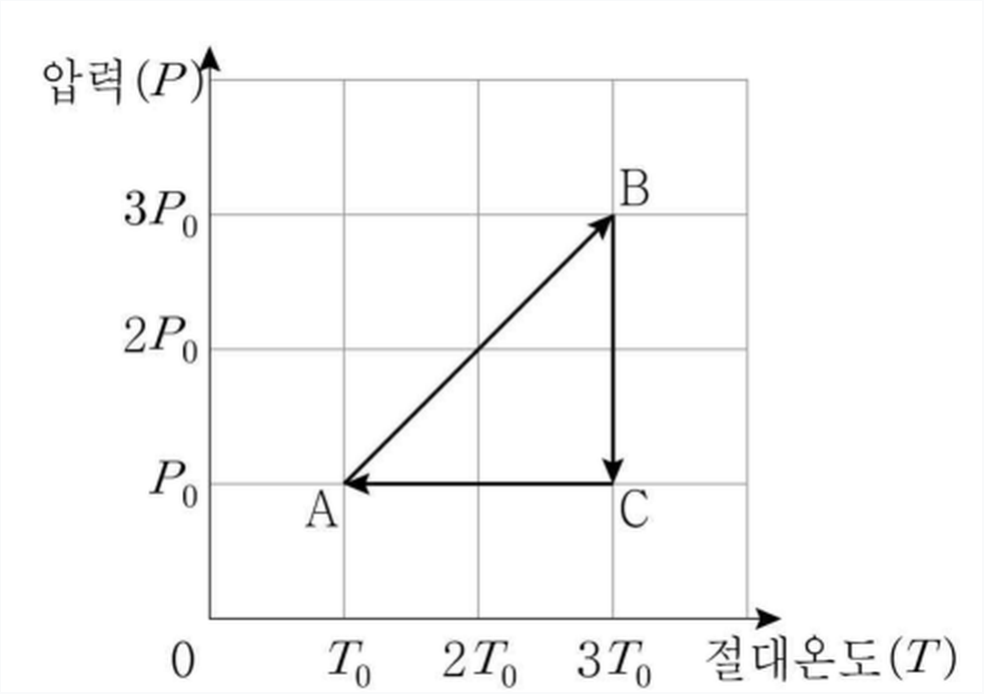
다시 나오면 이렇게 판단

수평면에서 '막 움직이기 위한 최소 힘'이 보이면 먼저 $F_{\text{min}} = f_s^{\text{max}} = \mu mg$를 세운다. 그다음 주어진 힘과 같게 놓고 질량이나 마찰계수를 역산하면 된다.

암기 포인트

수평면에서 막 움직일 때 최소 힘은 $F_{\text{min}} = \mu mg$이다.

문 14. 그림은 1몰의 단원자 분자 이상 기체의 상태가 A→B→C→A를 따라 변할 때, 압력과 절대온도의 관계를 나타낸 그래프이다. A에서 기체의 압력, 절대온도, 부피는 각각 P_0, T_0, V_0이다. 이때 C와 B에서의 부피의 비 $\frac{V_C}{V_B}$는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 압력-절대온도 그래프에서 각 상태의 P, T를 읽고 이상기체 상태방정식으로 부피비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 A에서 P_0, T_0, V_0이고, 그래프에서 B는 $3P_0$, $3T_0$, C는 P_0, $3T_0$이다.
구해야 할 값은 $\frac{V_C}{V_B}$이다.
주의할 조건은 기체의 몰수가 일정하므로 $V \propto \frac{T}{P}$ 관계를 써야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

이상기체 상태방정식은 $PV = nRT$이다.
몰수 n과 기체상수 R가 같으므로 각 상태에서 $V = \frac{nRT}{P}$이고, 따라서 부피는 $\frac{T}{P}$에 비례한다.

계산 과정

A에서 $P_0V_0 = nRT_0$이다.
B에서는 $V_B = \frac{nR \cdot 3T_0}{3P_0} = \frac{nRT_0}{P_0} = V_0$이다.
C에서는 $V_C = \frac{nR \cdot 3T_0}{P_0} = 3\frac{nRT_0}{P_0} = 3V_0$이다.
따라서 $\frac{V_C}{V_B} = \frac{3V_0}{V_0} = 3$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{V_C}{V_B}$는 1이 아니다. B의 부피는 V_0, C의 부피는 $3V_0$이므로 틀린 표현은 1이고, 올바르게는 3이다.
② X: $\frac{V_C}{V_B}$는 2가 아니다. C와 B는 온도는 같고 압력만 $3P_0 \rightarrow P_0$로 3배 작아지므로 부피는 3배가 된다. 틀린 표현은 2이고, 올바르게는 3이다.
③ O: $V \propto \frac{T}{P}$를 적용하면 $V_B = V_0$, $V_C = 3V_0$이므로 $\frac{V_C}{V_B} = 3$이 맞다.
④ X: $\frac{V_C}{V_B}$는 4가 아니다. B와 C는 같은 $3T_0$ 상태이므로 온도비를 다시 곱할 이유가 없고, 압력비만 반영하면 3배이다. 틀린 표현은 4이고, 올바르게는 3이다.

오답 포인트

그래프에서 P와 T가 함께 바뀌는 점을 놓치고 $V \propto T$만 적용하면 오답이 된다. 특히 B와 C는 온도가 같으므로 부피비는 압력의 역비만 보면 된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 그래프 문제는 먼저 각 점의 P, T 좌표를 읽고, 그다음 $PV = nRT$에서 $V \propto \frac{T}{P}$로 바꿔 부피비를 계산하면 된다.

암기 포인트

몰수가 같으면 이상기체의 부피는 $\frac{T}{P}$에 비례한다.

NoteBase

문 15. $R = 20\Omega$, $L = 100\text{mH}$, $C = 10\mu\text{F}$**의 소자를 직렬로 연결한 LRC회로에 전압** $V_{\text{rms}} = 30\text{V}$**, 각진동수** $\omega = 1{,}000\text{rad/s}$**의 교류전원을 연결하였을 때 흐르는 전류** I_{rms}**는?**

① 1.5 A

② 3.0 A

③ 4.5 A

④ 6.0 A

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬 LRC 회로의 임피던스 Z를 구한 뒤 실효전류 I_{rms}를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $R = 20\Omega, L = 100mH = 0.1H, C = 10\mu F = 1.0 \times 10^{-5}F, V_{rms} = 30V, \omega = 1000rad/s$
구해야 할 값: I_{rms}
주의할 조건: 직렬 LRC 회로에서는 X_L와 X_C의 차로 리액턴스를 판단한 뒤 전체 임피던스를 구한다.

사용할 공식

$X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$
이 공식을 쓰는 이유는 직렬 LRC 회로의 전류가 저항만이 아니라 유도 리액턴스와 용량 리액턴스를 함께 반영한 임피던스로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 유도 리액턴스와 용량 리액턴스를 구한다.
$X_L = \omega L = 1000 \times 0.1 = 100\Omega$
$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000 \times 10 \times 10^{-6}} = 100\Omega$
2. 두 리액턴스가 같으므로 공진 상태가 되어 $X_L - X_C = 0$이다.
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{20^2 + 0^2} = 20\Omega$
3. 실효전류를 구한다.
$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{30}{20} = 1.5A$

NoteBase

선지 판단

1번 O: $X_L = 100\Omega$, $X_C = 100\Omega$로 서로 상쇄되어 임피던스가 20Ω만 남는다. 따라서 $I_{rms} = 30/20 = 1.5A$이므로 옳다.
2번 X: $3.0A$가 되려면 임피던스가 10Ω여야 한다. 실제 임피던스는 공진 때문에 20Ω이므로 틀리다. 틀린 표현은 '전류가 $3.0A$이다'이고, 올바르게는 '전류는 $1.5A$이다'이다.
3번 X: $4.5A$가 되려면 임피던스가 약 6.7Ω여야 한다. 주어진 회로에서는 그런 값이 나오지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 '전류가 $4.5A$이다'이고, 올바르게는 '전류는 $1.5A$이다'이다.
4번 X: $6.0A$가 되려면 임피던스가 5Ω여야 한다. 직렬 공진이어도 임피던스는 저항값 20Ω보다 작아지지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 '전류가 $6.0A$이다'이고, 올바르게는 '전류는 $1.5A$이다'이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 X_L와 X_C가 정확히 같아지는 공진 조건을 놓치는 데 있다. $L = 100mH$를 $0.1H$로 바꾸지 않거나 리액턴스를 단순 합으로 처리하면 임피던스를 잘못 잡아 오답 선지를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 LRC 전류 문제는 먼저 L, C를 SI 단위로 정리하고, 다음에 $X_L = \omega L$와 $X_C = 1/(\omega C)$를 비교한다. 두 값의 차로 임피던스를 만든 뒤 마지막에 $I = V/Z$를 계산하면 된다.

암기 포인트

직렬 LRC 회로에서 공진이면 $X_L = X_C$가 되어 $Z = R$이고, 전류는 $I = V/R$로 바로 구해진다.

NoteBase

문 16. 열효율이 0.4인 어떤 열기관이 고온 열원에서 열을 흡수하여 한 순환과정 동안 일을 한 후 저온 열원으로 600 J의 열을 방출한다. 이 과정에서 열기관이 수행한 일은?

① 200 J

② 300 J

③ 400 J

④ 500 J

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열기관의 효율식과 에너지 보존식으로 수행한 일 W를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 효율 $\eta = 0.4$, 저온 열원으로 방출한 열 $Q_C = 600J$이다.
구해야 할 값은 한 순환과정 동안 열기관이 수행한 일 W이다.
열기관에서는 $Q_H = W + Q_C$가 성립한다.

사용할 공식

효율은 $\eta = \frac{W}{Q_H}$이고, 열량 보존은 $Q_H = W + Q_C$이다.
이 문제는 고온 열원에서 받은 열이 일과 저온 열원으로 버린 열로 나뉘는 전형적인 열기관 상황이므로 두 식을 함께 사용한다.

계산 과정

$Q_C = Q_H - W$이므로 $600 = Q_H - W$이다.
또한 $\eta = 0.4 = \frac{W}{Q_H}$이므로 $W = 0.4Q_H$이다.
이를 대입하면 $600 = Q_H - 0.4Q_H = 0.6Q_H$이므로 $Q_H = 1000J$이다.
따라서 $W = 0.4 \times 1000 = 400J$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 1번의 '수행한 일은 200J이다'라는 진술은 틀리다. $W = 200J$이면 $Q_H = 200 + 600 = 800J$가 되어 효율이 $\frac{200}{800} = 0.25$가 된다. 올바르게는 '수행한 일은 400J이다'가 된다.
2번: X. 2번의 '수행한 일은 300J이다'라는 진술은 틀리다. $W = 300J$이면 $Q_H = 900J$, 효율은 $\frac{300}{900} = \frac{1}{3}$이 되어 0.4가 아니다. 올바르게는 '수행한 일은 400J이다'가 된다.
3번: O. $W = 400J$이면 $Q_H = 1000J$이고 효율은 $\frac{400}{1000} = 0.4$가 되어 조건과 정확히 일치한다.
4번: X. 4번의 '수행한 일은 500J이다'라는 진술은 틀리다. $W = 500J$이면 $Q_H = 1100J$, 효율은 $\frac{500}{1100} \approx 0.455$가 되어 주어진 효율보다 크다. 올바르게는 '수행한 일은 400J이다'가 된다.

오답 포인트

효율 η를 $\frac{W}{Q_C}$로 잘못 두거나, $Q_H = W + Q_C$ 관계를 빼먹으면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 주어진 600J가 고온 열원에서 흡수한 열이 아니라 저온 열원으로 방출한 열이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

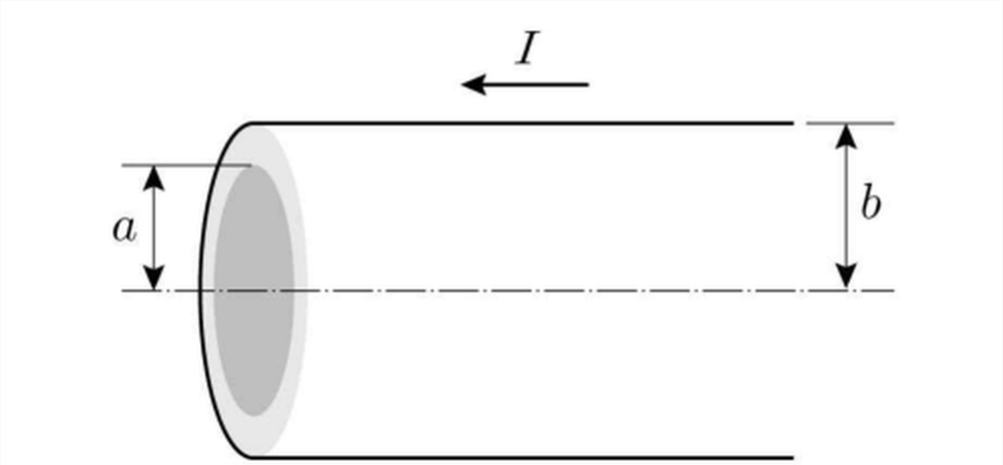
열기관 계산형 문제는 먼저 $Q_H = W + Q_C$를 세우고, 다음에 효율 $\eta = \frac{W}{Q_H}$를 대입해 미지수를 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

열기관은 받은 열 = 한 일 + 버린 열, 효율은 (한 일)/(받은 열)이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 속이 빈 무한히 긴 원통 모양의 도선에 전류 I가 흐른다. 원통의 안쪽 반지름은 a, 바깥쪽 반지름은 b이다. 전류의 분포가 균일하다고 할 때, 원통 중심으로부터 거리가 r인 원통의 내부에서($a < r < b$) 자기장의 세기는? (단, μ_0는 진공의 투자율)



① $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
② $\frac{\mu_0 (r-a) I}{2\pi r (b-a)}$
③ $\frac{\mu_0 (r^2-a^2) I}{\pi r^2 (b^2-a^2)}$
④ $\frac{\mu_0 (r^2-a^2) I}{2\pi r (b^2-a^2)}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 속이 빈 원통 도선에서 균일한 전류밀도를 가정하고, 암페어 법칙으로 $a < r < b$ 구간의 자기장 세기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전체 전류는 I, 안쪽 반지름은 a, 바깥쪽 반지름은 b이다.
구해야 할 값: 중심에서 거리 r인 곳의 자기장 세기 B이다.
주의할 조건: 전류 분포가 균일하므로 포함 전류는 길이가 아니라 면적 비율로 계산된다.

사용할 공식

전류밀도는 $J = \frac{I}{\pi(b^2 - a^2)}$이다.
반지름 r까지 포함되는 전류는 $I_{\text{enc}} = J \cdot \pi(r^2 - a^2) = I\frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}$이다.
암페어 법칙은 $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{enc}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 원통 대칭이므로 반지름 r인 원형 경로에서 자기장 크기가 일정하고, $a < r < b$에서는 전체 전류가 아니라 반지름 r 안에 포함된 전류만 자기장을 결정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전류가 흐르는 전체 단면적은 $\pi(b^2 - a^2)$이므로 전류밀도는 $J = \frac{I}{\pi(b^2 - a^2)}$이다.
2. 반지름 r까지 실제로 전류가 분포한 면적은 $\pi(r^2 - a^2)$이므로 포함 전류는 $I_{\text{enc}} = I\frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}$이다.
3. 암페어 법칙 $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{enc}}$에 대입하면 $B = \frac{\mu_0 (r^2 - a^2) I}{2\pi r (b^2 - a^2)}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$는 반지름 r 안에 전체 전류 I가 모두 포함될 때의 식이다. $a < r < b$에서는 전체 전류가 아니라 일부 전류만 포함된다. 틀린 표현은 전체 전류를 그대로 쓴 점이며, 올바르게는 I 대신 $I\frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}$가 들어가야 한다.
② X: $r - a$에 비례한다고 본 것은 전류가 길이 방향으로 균일하다고 착각한 경우이다. 전류 분포가 균일하면 포함 전류는 두께가 아니라 고리 면적 $\pi(r^2 - a^2)$에 비례한다. 틀린 표현은 $(r - a)/(b - a)$ 비율이며, 올바르게는 $(r^2 - a^2)/(b^2 - a^2)$ 비율이다.
③ X: 분모가 πr^2 꼴이 되는 것은 암페어 법칙의 원형 경로 길이 $2\pi r$를 단면적과 혼동한 경우이다. 자기장은 면적이 아니라 둘레 적분으로 구한다. 틀린 표현은 분모의 πr^2이며, 올바르게는 $2\pi r$가 들어가서 $\frac{\mu_0 (r^2 - a^2) I}{2\pi r (b^2 - a^2)}$가 된다.
④ O: 포함 전류가 $I\frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}$이고, 암페어 법칙 $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{enc}}$를 적용하면 $B = \frac{\mu_0 (r^2 - a^2) I}{2\pi r (b^2 - a^2)}$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 포함 전류를 길이 비율로 잡거나, 암페어 법칙의 원형 경로 길이 $2\pi r$를 단면적과 혼동하는 점이다. 속이 빈 도선에서는 $0 < r < a$ 구간과 $a < r < b$ 구간의 포함 전류 계산이 다르다는 점도 자주 놓친다.

다시 나오면 이렇게 판단

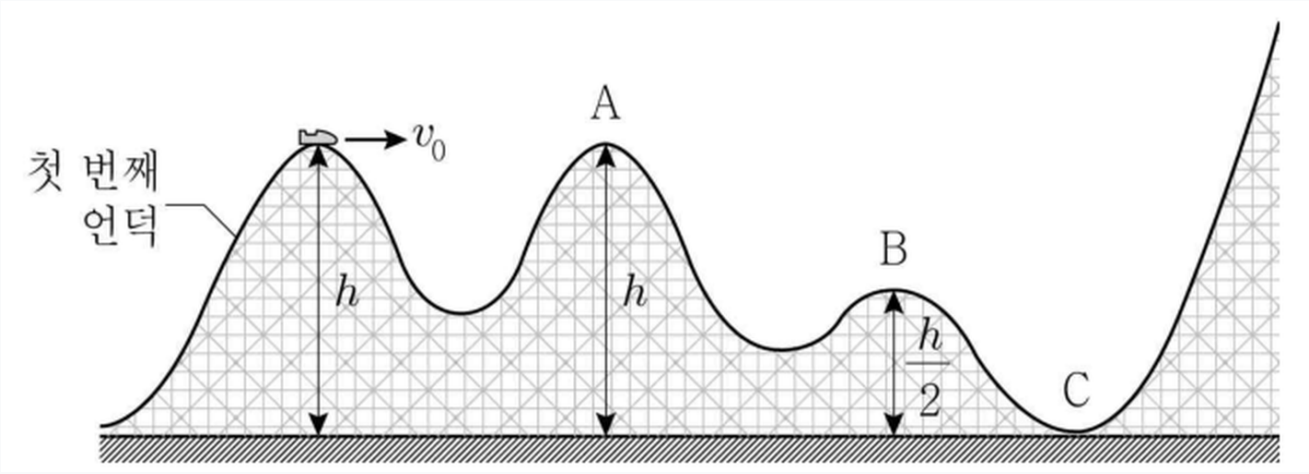
원통 대칭 도선의 자기장 문제는 먼저 전류가 실제로 분포한 단면적을 찾고, 그다음 반지름 r 안에 포함되는 전류를 면적 비율로 구한 뒤, 마지막에 암페어 법칙의 둘레 $2\pi r$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

균일 전류 분포에서 포함 전류는 길이 비율이 아니라 면적 비율이며, 암페어 법칙은 $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{enc}}$ 형태로 쓴다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 청룡열차가 $v_0 = 20\text{m/s}$의 속력으로 첫 번째 언덕에 올라선 후 외부의 동력 없이 하강할 때, B 지점에서의 속력은? (단, 열차 바퀴와 레일의 마찰은 무시하며, $h = 50\text{m}$, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$ 이다)



① 10m/s

② 20m/s

③ 30m/s

④ 40m/s

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 마찰이 없을 때 역학적 에너지가 보존된다는 원리로 B 지점의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 첫 번째 언덕 꼭대기에서의 속력은 $v_0 = 20m/s$이고, 첫 번째 언덕의 높이는 $h = 50m$, B 지점의 높이는 $h/2 = 25m$이다.
구해야 할 값: B 지점에서의 속력이다.
주의할 조건: 외부 동력과 마찰이 없으므로 위치에너지와 운동에너지의 합이 일정하다.

사용할 공식

$\frac{1}{2}mv^2 + mgy = \text{constant}$
이 공식을 쓰는 이유: 열차가 마찰 없이 레일을 따라 움직이므로 처음 위치와 B 지점 사이에서 역학적 에너지가 그대로 보존되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 처음 꼭대기에서의 에너지는 $\frac{1}{2}m(20)^2 + mgh$이다.
2. B 지점의 에너지는 $\frac{1}{2}mv_B^2 + mg\frac{h}{2}$이다.
3. 두 에너지를 같게 두면 $\frac{1}{2}m(20)^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg\frac{h}{2}$이다.
4. 정리하면 $v_B^2 = v_0^2 + gh = 20^2 + 10 \times 50 = 900$이고, 따라서 $v_B = 30m/s$이다.

선지별 해설

① X: $10m/s$는 계산 결과와 다르다. B 지점은 출발점보다 $25m$ 낮아서 속력이 줄어드는 것이 아니라 커진다. 틀린 표현은 'B 지점의 속력이 $10m/s$이다'이고, 올바르게는 'B 지점의 속력은 $30m/s$이다'이다.
② X: $20m/s$는 높이 차이를 무시하고 처음 속력이 그대로 유지된다고 본 값이다. B 지점으로 내려오며 위치에너지가 운동에너지로 바뀌므로 속력이 증가한다. 틀린 표현은 'B 지점의 속력이 처음과 같은 $20m/s$이다'이고, 올바르게는 'B 지점의 속력은 처음보다 큰 $30m/s$이다'이다.
③ O: 에너지 보존으로 $v_B^2 = 20^2 + 10 \times 50 = 900$이므로 $v_B = 30m/s$가 된다. 높이 차이 $h/2$를 반영하면 이 값만 성립한다.
④ X: $40m/s$는 속도와 높이 효과를 선형으로 더하는 식의 잘못된 계산에서 나오는 값이다. 속력은 에너지식에서 제곱으로 다루어야 하므로 $v_B = 40m/s$는 될 수 없다. 틀린 표현은 'B 지점의 속력이 $40m/s$이다'이고, 올바르게는 'B 지점의 속력은 $30m/s$이다'이다.

오답 포인트

높이가 h에서 $h/2$로 낮아졌다는 사실을 보고도 위치에너지 감소량을 $mg\frac{h}{2}$로 쓰지 않으면 오답이 된다. 또 속력을 그냥 더하거나 빼는 것이 아니라 에너지식에서 v^2로 처리해야 한다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

레일 운동에서 마찰이 없고 높이만 달라지면 먼저 두 지점의 높이 차를 확인한 뒤 $\frac{1}{2}mv^2 + mgy$ 보존식을 세우면 된다. 내려간 높이만큼 속력은 커지고, 올라간 높이만큼 속력은 작아진다.

암기 포인트

마찰이 없으면 '높이 감소분 = 운동에너지 증가분'이다. 속력은 바로 더하지 않고 항상 $\frac{1}{2}mv^2$로 계산한다.

NoteBase

문 19. 파장이 800nm인 빛을 어떤 금속 표면에 쪼일 때 방출되는 전자의 속력이 6.00×10^5m/s이다. 이 금속의 차단 파장에 가장 가까운 값은? (단, 전자의 질량 $m = 9.00 \times 10^{-31}$kg, 플랑크 상수와 빛의 속력의 곱 $hc = 2.00 \times 10^{-25}$J · m이다)

① 1,680nm

② 2,270nm

③ 3,890nm

④ 4,230nm

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 광전효과 식 $\frac{hc}{\lambda} = \phi + K_{max}$와 차단 파장 λ_0의 관계 $\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$를 이용해 차단 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 빛의 파장 $\lambda = 800nm = 8.00 \times 10^{-7}m$, 전자 속력 $v = 6.00 \times 10^5 m/s$, 전자 질량 $m = 9.00 \times 10^{-31}kg$, $hc = 2.00 \times 10^{-25}J \cdot m$이다.
구해야 할 값: 금속의 차단 파장 λ_0이다.
주의할 조건: 차단 파장은 전자의 최대 운동에너지가 0이 되는 경계 파장이며, 지금은 전자가 이미 속력을 가지고 있으므로 광자 에너지에서 운동에너지를 먼저 빼야 한다.

사용할 공식

$\frac{hc}{\lambda} = \phi + K_{max}$
$K_{max} = \frac{1}{2}mv^2$
$\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$
이 문제에서 입사광의 파장과 방출 전자의 속력이 함께 주어졌으므로 먼저 광자 에너지와 전자의 최대 운동에너지를 구해 일함수 ϕ를 찾은 뒤, 그 일함수로 차단 파장을 구해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 입사광의 에너지는
$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{2.00 \times 10^{-25}}{8.00 \times 10^{-7}} = 2.50 \times 10^{-19} J$
이다.
2. 방출 전자의 최대 운동에너지는
$K_{\max} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 9.00 \times 10^{-31} \times (6.00 \times 10^5)^2 = 1.62 \times 10^{-19} J$
이다.
3. 금속의 일함수는
$\phi = E - K_{\max} = 2.50 \times 10^{-19} - 1.62 \times 10^{-19} = 8.80 \times 10^{-20} J$
이다.
4. 따라서 차단 파장은
$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi} = \frac{2.00 \times 10^{-25}}{8.80 \times 10^{-20}} = 2.27 \times 10^{-6} m \approx 2270 nm$
이다.

선지별 해설

① X
'차단 파장이 1,680 nm이다'는 틀리다. 계산 결과 차단 파장은 약 $2270 nm$이므로 보기값이 작다. 올바르게는 '차단 파장이 약 2,270 nm이다'이다.

② O
'차단 파장이 2,270 nm이다'는 옳다. 계산값이 $2272.7 nm$이므로 가장 가까운 값은 2,270 nm이다.

③ X
'차단 파장이 3,890 nm이다'는 틀리다. 이 값이면 일함수를 실제보다 너무 작게 본 셈이어서 주어진 전자 운동에너지와 맞지 않는다. 올바르게는 '차단 파장이 약 2,270 nm이다'이다.

④ X
'차단 파장이 4,230 nm이다'는 틀리다. 차단 파장이 이 정도로 길어지려면 금속의 일함수가 실제 계산값 $8.80 \times 10^{-20} J$보다 더 작아야 하므로 문제 조건과 모순된다. 올바르게는 '차단 파장이 약 2,270 nm이다'이다.

오답 포인트

입사광의 파장 $800 nm$과 차단 파장을 같은 개념으로 보면 오답이 나온다. 또한 $K_{\max} = \frac{1}{2}mv^2$를 빼지 않고 바로 $\phi = \frac{hc}{\lambda}$로 두면 일함수를 크게 잘못 잡게 된다. nm를 m로 바꾸지 않는 실수도 자주 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

광전효과 계산 문제는 먼저 $\frac{hc}{\lambda}$로 광자 에너지를 구하고, 다음에 $\frac{1}{2}mv^2$로 전자 운동에너지를 구해 일함수 ϕ를 찾은 뒤, 마지막에 $\lambda_0 = \frac{hc}{\phi}$로 차단 파장을 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

광전효과는 $\frac{hc}{\lambda} = \phi + K_{\max}$, 차단 파장은 $K_{\max} = 0$이 되는 경계 파장이다.

NoteBase

문 20. 폭 $a = 0.3\text{mm}$인 단일슬릿에 파장이 600nm인 빛이 입사하여 1.0m 떨어진 스크린에 회절무늬를 만든다. 스크린의 중앙 밝은 무늬의 중심으로부터 첫 번째 어두운 무늬의 중심까지 거리는?

① 1.0 mm

② 2.0 mm

③ 3.0 mm

④ 4.0 mm

정답 2번

출제 포인트

단일 슬릿 회절에서 첫 번째 어두운 무늬의 위치를 $a\sin\theta = \lambda$와 소각도 근사로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 슬릿 폭 $a = 0.3mm = 3.0 \times 10^{-4}m$, 파장 $\lambda = 600nm = 6.0 \times 10^{-7}m$, 스크린 거리 $L = 1.0m$이다.
구해야 할 값: 중앙 밝은 무늬 중심에서 첫 번째 어두운 무늬 중심까지의 거리 y이다.
주의할 조건: 첫 번째 어두운 무늬는 $m = 1$인 최소 조건이고, 소각도에서 $y \approx L\sin\theta$를 쓴다.

사용할 공식

단일 슬릿의 어두운 무늬 조건은 $a\sin\theta = m\lambda$이다.
첫 번째 어두운 무늬에서는 $m = 1$이고, 소각도에서 $y \approx L\tan\theta \approx L\sin\theta$이므로 $y = \frac{L\lambda}{a}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문항이 단일 슬릿 회절의 첫 최소 위치를 직접 묻기 때문이다.

계산 과정

1. 단위를 미터로 바꾸면 $a = 3.0 \times 10^{-4}m$, $\lambda = 6.0 \times 10^{-7}m$이다.
2. 첫 번째 어두운 무늬이므로 $m = 1$을 사용한다.
3. $y = \frac{L\lambda}{a} = \frac{1.0 \times 6.0 \times 10^{-7}}{3.0 \times 10^{-4}} = 2.0 \times 10^{-3}m = 2.0mm$

따라서 중앙 밝은 무늬 중심에서 첫 번째 어두운 무늬 중심까지의 거리는 2.0 mm이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과가 $2.0mm$이므로 틀리다. 틀린 표현은 거리값이 1.0 mm라는 부분이며, 올바르게는 2.0 mm이다.
② O: $y = \frac{L\lambda}{a} = 2.0mm$이므로 옳다. 첫 번째 어두운 무늬의 중심은 첫 번째 최소 위치와 같다.
③ X: 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 거리값이 3.0 mm라는 부분이며, 올바르게는 2.0 mm이다.
④ X: 4.0 mm는 중앙 밝은 무늬의 전체 폭 $2y$를 착각했을 때 나올 수 있는 값이다. 문제는 중심에서 첫 번째 어두운 무늬까지의 거리이므로 틀린 표현은 4.0 mm라는 부분이며, 올바르게는 2.0 mm이다.

오답 포인트

단일 슬릿에서는 중심에서 첫 번째 어두운 무늬까지 거리 y와 중앙 밝은 무늬의 전체 폭 $2y$를 자주 혼동한다. 또한 mm와 nm를 그대로 두고 계산하면 거리값을 잘못 얻기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

단일 슬릿에서 첫 번째 어두운 무늬를 묻는다면 먼저 $a\sin\theta = \lambda$를 세우고, 스크린 문제가 붙으면 소각도 근사로 $y = L\lambda/a$로 바꾼다. 마지막에는 구한 값이 반폭인지 전체 폭인지까지 확인한다.

암기 포인트

단일 슬릿 첫 어두운 무늬는 $y = L\lambda/a$이고, 중앙 밝은 무늬의 전체 폭은 $2L\lambda/a$이다.

NoteBase